

УДК 630*228.1: 630*531:630*907

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ СОСНЯКОВ
ГНПП «БУРАБАЙ» ПО ТАКСАЦИОННЫМ ПАРАМЕТРАМ КРОН ДЕРЕВЬЕВ**

А. В. ДАНЧЕВА,

кандидат сельскохозяйственных наук,
Казахский научно-исследовательский институт лесного хозяйства
и агролесомелиорации (КазНИИЛХА),
021704, Республика Казахстан, г. Щучинск, ул. Кирова, 58,
тел. 8(71636)4-11-53, e-mail: a.dancheva@mail.ru

С. В. ЗАЛЕСОВ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» (УГЛТУ),
620100, Россия, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37,
тел.: 8(343)254-63-24, e-mail: Zalesov@usfeu.ru

Ключевые слова: рекреационные сосняки, жизненное состояние, коэффициент напряженности роста, таксационные параметры кроны.

Представлены результаты исследований состояния сосновых древостоев рекреационного назначения Казахского мелкосопочника (на примере ГНПП «Бурабай») на основе использования таксационных характеристик кроны деревьев. Впервые для исследуемых сосняков в качестве показателя состояния кроны деревьев применен коэффициент напряженности роста. Объектом исследований являлись естественные сосняки VI класса возраста, произрастающие в очень сухих (тип леса C_1) и свежих (тип леса C_3) лесорастительных условиях и относящиеся к различным по степени рекреационной нагрузки функциональным зонам. Установлено, что по показателю жизненного состояния (ОЖС) и коэффициенту напряженности роста (КОП) сосновые древостои характеризуются как ослабленные или биологически неустойчивые. Наименьшими значениями ОЖС и КОП характеризуются высокополнотные древостои, относящиеся к зоне активного посещения (ФЗ-I), наибольшими – среднеполнотные древостои в зоне контроля (ФЗ-III). Проведен анализ степени изменения значения протяженности, диаметра, площади и объема кроны в зависимости от КОП. Установлено, что с увеличением КОП отмечается снижение протяженности, диаметра, площади и объема кроны. У ослабленных деревьев в сравнении со здоровыми протяженность, диаметр, площадь и объем кроны меньше в среднем на 20–40 %, у сильно ослабленных и умирающих – на 40–70 %. Установленная тесная взаимосвязь таксационных показателей кроны деревьев с коэффициентом напряженности роста аппроксимируется уравнениями линейной функции и полинома 2-й и 3-й степени. На основе полученных данных разработана шкала оценки состояния одновозрастных сосновых древостоев ГНПП «Бурабай» с использованием в качестве основных диагностических показателей протяженности, диаметра, площади и объема кроны деревьев.

ASSESSMENT OF STATE OF RECREATIONAL PINERIES SNPP «BURABAY» BY INVENTORY INDICES OF TREE CROWNS

A. V. DANCHEVA,
cand. agricultural sciences Kazakh Scientific Research Institute
of Forestry and Agroforestry (KazSRIFA),
e-mail: a.dancheva@mail.ru

S. V. ZALESOV,
doctor of agricultural sciences,
prof. Ural State Forest Engineering University (USFEU),
e-mail: zalesov@usfeu.ru

Keywords: recreational pine forest, vital status, coefficient of growth tension, inventory indices of tree crowns.

In the result of conducted researches studied of state of pine forests of Kazakh Upland (for example, State National Natural Park (SNPP) «Burabay») based on the use of inventory indices of tree crowns. For the first time for the studied pine stands as indicator of state of trees crowns has been applied tension coefficient of growth. Object of research are pine forests of age class VI, which grow in very dry (forest type – C₁) and fresh (forest type – C₃) forest conditions in various functional zones. It is established that the indicator of the vital status (IVS) and the tension coefficient of growth (CEI) pine stands are characterized as «weakened» or biologically unstable. The lowest values of IVS and CEI are characterized by high-density stands related to the area of active visits (FZ-I), the highest – middle-density stands in the control zone (FZ-III). The analysis of the degree of change in the values of length, diameter, area and volume of the crown, depending on the tension coefficient of growth (CEI). It was found that with increasing tension coefficient of growth (CEI) there is a decrease in length, diameter, area, volume of the crown. The length, diameter, area and volume of the crown «weakened» trees less than «healthy» trees by 20–40 %, «greatly weakened» and «dying» – by 40–70 %. It was found that relationship of vital status and coefficient of growth tension (CEI) approximated by equation of a linear function and polynomial equations 2 and 3 degrees. Scale assessment even-aged pine stands of SNPP «Burabay» with use as the main diagnostic indicators of the length, diameter, area and volume of trees has been develop.

Введение

Морфоструктура древостоев, характеризующаяся размерами стволов и крон деревьев и особенностями их дифференциации, совместно с плотностью древостоев обуславливает величину ресурсного потенциала древесного ценоза [1]. Особенности строения и развития кроны деревьев успешно используются при мониторинге и прогнозе состояния деревьев и древостоев в неблагоприятных условиях лесостепи и города [2, 3]. Структура кроны может служить интегральным пока-

зателем устойчивости дерева к различным воздействиям и использоваться для последующего отбора наиболее устойчивых особей [4].

Лесные насаждения Казахстана, площадь которых сравнительно мала и составляет менее 5 % общей площади территории республики, имеют важное социально-экономическое значение. Поэтому изучение строения и состояния крон деревьев в древостое имеет важное практическое значение в оптимизации строения фитоценозов по густоте и повышении динамики

их роста и продуктивности, а следовательно, устойчивости лесной экосистемы к внешним факторам воздействия.

Материалы

и методы исследований

Исследования проводились на постоянных пробных площадях (ППП), заложенных сотрудниками ТОО «КазНИИЛХА» в 2006–2007 г. в сосняках ГНПП «Бурабай», расположенных в северо-западной части Казахского мелкосопочника. Объектами исследований являлись сосновые древостои очень сухих (тип

леса C_1) и свежих (тип леса C_3) условий произрастания. ППП заложены в трех функциональных зонах (ФЗ) [5]: I ФЗ (ППП 2 и 5) – зона активного посещения; II ФЗ (ППП 1) – зона умеренного посещения и III ФЗ (ППП 3к и 4к) – зона слабого посещения (условно контроль).

Для определения лесотаксационных параметров исследуемых сосновых древостоев применялся метод сплошных пересчетов, традиционный для исследовательских работ на ППП [6]. Диаметр кроны определялся с точностью до 10 см измерительной рулеткой по проекции кроны на поверхность почвы. Протяженность кроны по стволу дерева рассчитывалась как разность между высотой дерева и высотой до начала кроны (первых живых сучьев).

Оценка жизненного состояния древостоев проводилась по методике В. А. Алексеева [7]. При показателе 100–80 % жизненное состояние древостоя оценивалось как здоровое, при 79–50 % древостой считался поврежденным (ослабленным), при 49–20 % – сильно поврежденным (сильно ослабленным), при 19 % и ниже – полностью разрушенным.

Коэффициент напряженности роста (КОП), см/см^2 , рассчитывался по формуле [8]

$$\text{КОП} = \frac{H}{G_{1,3}},$$

где H – средняя высота древостоя, см; $G_{1,3}$ – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см^2 .

Площадь проекции кроны $S_{\text{кр}}$ рассчитывалась как площадь круга. Объем кроны деревьев $V_{\text{кр}}$ вычислялся по формуле объема параболоида.

Данные обработаны статистически с помощью компьютерной программы Excel.

Результаты исследований

Объекты исследований представлены чистыми по составу одновозрастными сосняками (табл. 1). Класс возраста – VI. Класс бонитета – IV–V. Сосняки относятся к высокополнотным со средним значением полноты 1,0. ППП 4к заложена в среднеполнотном древостое, значение полноты – 0,77.

Средний показатель жизненного состояния (ОЖС) сосняков на всех ППП не превышает 72 % (см. табл. 1), что дает основание отнести их в категорию ослабленных. Наибольшие значения ОЖС

отмечаются у древостоя на ППП 1 (зона умеренного посещения ФЗ-II), наименьшие – у древостоя на ППП 2, относящегося к зоне активного посещения (ФЗ-I).

Анализ средних значений показателей кроны сосновых древостоев в зависимости от степени рекреационного воздействия (табл. 2) свидетельствует, что наибольшими средними значениями протяженности $L_{\text{кр}}$, диаметра $D_{\text{кр}}$, площади $S_{\text{кр}}$ и объема $V_{\text{кр}}$ кроны характеризуются сосняки на ППП 1 и 4к, относящиеся к зоне умеренного посещения (ФЗ-II) и зоне контроля (ФЗ-III) соответственно.

Наименьшие значения рассматриваемых показателей кроны отмечаются у древостоев на ППП 2 и 5, относящихся к зоне активного посещения (ФЗ-I), а также на ППП 3к (зона контроля ФЗ-III).

Достоверные различия сравнимых по функциональным зонам значений показателей кроны отсутствуют в очень сухих условиях произрастания (ППП 1, 2 и 3к) ($t_s = 0,0 \dots 1,6$ при $t_{0,05} = 1,97$) и отмечаются в свежих типах лесорастительных условий (ППП 4к и 5) ($t_s = 2,3 \dots 2,8$ при $t_{0,05} = 1,97$).

Таблица 1

Таксационная характеристика сосновых древостоев в ГНПП «Бурабай»

№ ППП	Состав	Тип леса	Класс возраста	Средние		Густота, экз/га	Полнота	Запас, $\text{м}^3/\text{га}$	Класс бонитета	Класс Крафта	ОЖС, %
				высота, м	диаметр, см						
2	10С	C_1	VI	16,0	24,4	867	1,1	322	V	II,3	58,5±2,4
1	10С	C_1	VI	16,7	22,1	950	1,0	292	IV	I,8	76,1±1,2
3к	10С	C_1	VI	15,7	19,9	1117	1,0	261	V	II,0	69,4±1,6
5	10СедБ	C_3	VI	17,9	24,2	850	1,0	326	IV	II,4	63,9±1,8
4к	9С1Б	C_3	VI	18,8	24,9	625	0,77	255	IV	I,9	71,9±1,6

Таблица 2

Среднестатистические данные таксационных показателей кроны деревьев
в сосняках ГНПП «Бурабай»

№ППП (ФЗ)	КОП, см/см ²	Протяженность кроны ($L_{кр}$), м	Диаметр кроны ($D_{кр}$), см	Площадь кроны ($S_{кр}$), м ²	Объем кроны ($V_{кр}$), м ³
2 (ФЗ-I)	4,7±0,3	8,1±0,2	328,5±9,3	9,1±0,5	36,9±2,7
1 (ФЗ-II)	4,9±0,2	8,9±0,2	334,1±8,2	9,4±0,5	44,0±2,6
3к (ФЗ-III)	6,4±0,3	7,6±0,1	328,6±7,9	9,0±0,4	36,6±2,1
5 (ФЗ-I)	6,1±0,4	7,9±0,3	324,7±11,8	9,3±0,6	43,5±3,8
4 (ФЗ-I)к	4,5±0,3	9,1±0,3	363,6±12,1	10,8±0,7	52,3±4,3

Анализ данных таксационных характеристик крон деревьев в зависимости от полноты насаждений (табл. 2) свидетельствует, что наибольшими значениями протяженности $L_{кр}$, диаметра $D_{кр}$, площади $S_{кр}$ и объема $V_{кр}$ кроны характеризуется среднеполнотный древостой на ППП 4к. Достоверность различий рассматриваемых показателей между среднеполнотными и высокополнотными древостоями в большинстве случаев статистически доказана ($t_{факт} = 2,0...4,7$ при $t_{0,05} = 1,97$).

Применяемые на практике методы определения состояния деревьев и древостоев, в частности категорий жизненного состояния [7], в большинстве случаев предполагают выявление здоровых, ослабленных, сильно ослабленных и отмирающих деревьев по совокупности ряда визуальных признаков повреждений стволов деревьев, а также визуальной оценке состояния ассимиляционного аппарата, характеристики которого носят субъективный характер.

Для объективной оценки категории жизненного состояния деревьев целесообразно исполь-

зовать дополнительные количественные показатели, которые должны быть технологичными, т. е. легко и точно измеряемыми [9].

В наших исследованиях в качестве показателя оценки состояния крон деревьев впервые для рассматриваемых сосняков был применен комплексный оценочный показатель (КОП) или коэффициент напряженности роста, который выражает отношение высоты дерева к площади его поперечного сечения [8].

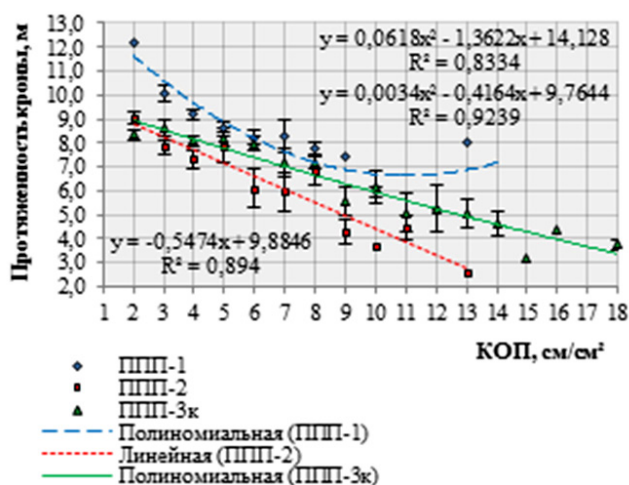
Ранее нами была доказана успешность использования данного показателя в оценке состояния сосновых древостоев рекреационного назначения [10]. В результате проведенных исследований было установлено, что КОП деревьев, относящихся к категории состояния здоровые (ОЖС 100–80 %), находится в пределах от 2 до 5, ослабленные – от 5 до 9, сильно ослабленные и отмирающие – от 9 см/см² и выше.

Распределение протяженности кроны $L_{кр}$ по значениям КОП, представленное на рис. 1, свидетельствует о существующей взаимосвязи данных показателей,

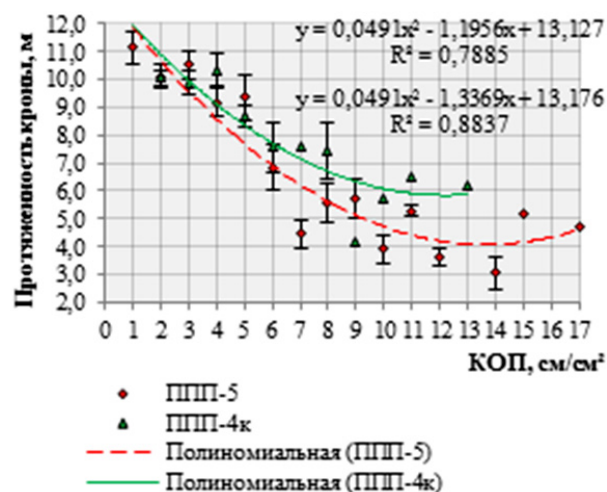
которая аппроксимируется уравнениями линейной функции и полинома 2-й степени.

С увеличением КОП отмечается снижение $L_{кр}$. Значение $L_{кр}$ здоровых деревьев в очень сухих сосняках (рис. 1, а) колеблется в пределах от 10,2±0,3 до 7,0±0,3 м, в свежих сосняках (рис. 1, б) – от 11,2±0,6 до 8,0±0,4 м. Ослабленные деревья характеризуются значениями $L_{кр}$ – 8,6±0,3 – 4,0±0,5 и 9,0±0,8 – 5,0±0,6 м соответственно. Протяженность кроны сильно ослабленных и отмирающих деревьев в исследуемых сосняках составляет от 3,0±0,5 м и меньше.

По данным рис. 1 прослеживаются различия в распределении $L_{кр}$ по КОП в зависимости от степени рекреационного воздействия. Наименьшими значениями $L_{кр}$ на всем протяжении графиков характеризуются древостои в зоне активного посещения (ФЗ-I) на ППП 2 и 5, наибольшими – среднеполнотные сосняки в зоне контроля (ФЗ-III) на ППП 4к свежих условий произрастания и высокополнотные древостои в зоне умеренного посещения (ФЗ-II) на ППП 1 очень сухих условий произрастания.

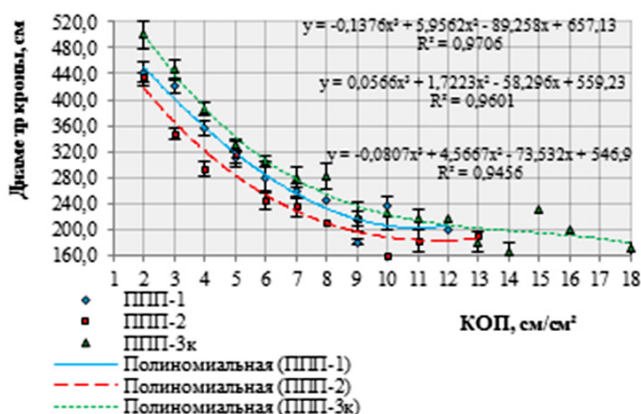


а

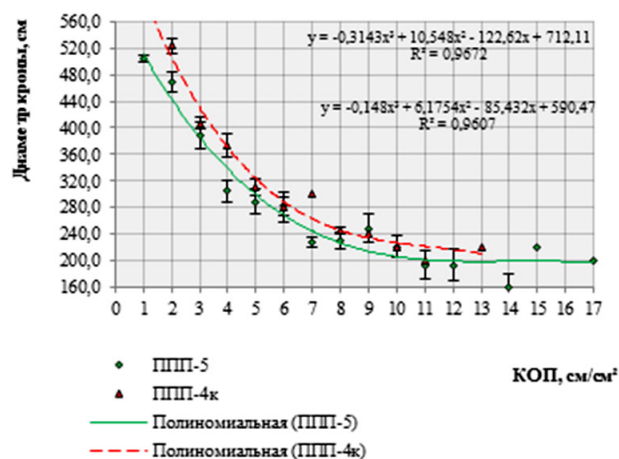


б

Рис. 1. Взаимосвязь протяженности кроны $L_{кр}$ с КОП:
а – в очень сухих сосняках, б – в свежих сосняках ГНПП «Бурабай»



а



б

Рис. 2. Взаимосвязь диаметра кроны $D_{кр}$ с КОП:
а – в очень сухих сосняках, б – в свежих сосняках ГНПП «Бурабай»

Та же закономерность сохраняется при анализе распределения диаметра $D_{кр}$, площади $S_{кр}$ и объема $V_{кр}$ кроны по значениям КОП (рис. 2, 3, 4).

По данным, представленным на рис. 2, значения диаметра кроны $D_{кр}$ здоровых деревьев в очень сухих сосняках (рис. 2, а) находятся в пределах от $455,6 \pm 12,9$ до $311,4 \pm 11,6$ см, в свежих сосняках (рис. 2, б) – от $524,0 \pm 11,4$ до $288,8 \pm 19,3$ см. Диаметр кро-

ны деревьев, относящихся к категории состояния ослабленные, – $303,3 \pm 8,8$ – $205,2 \pm 17,4$ см (в очень сухих сосняках) и $281,7 \pm 14,4$ – $244,0 \pm 10,9$ см (в свежих сосняках). Диаметр кроны сильно ослабленных и отмирающих деревьев в исследуемых древостоях в среднем составляет от 240 см и меньше.

По данным рис. 3 и 4, значения площади $S_{кр}$ и объема $V_{кр}$ кроны здоровых деревьев в рас-

считываемых типах леса находятся в пределах от $21,6 \pm 0,9$ до $8,7 \pm 0,4$ м² и от $116,1 \pm 6,6$ до $36,9 \pm 1,7$ м³, ослабленных – $8,4 \pm 0,4$ – $4,2 \pm 0,4$ м² и $30,2 \pm 1,9$ – $8,2 \pm 0,7$ м³, сильно ослабленных и отмирающих – $3,9 \pm 0,5$ м² и $8,0 \pm 0,6$ м³ и ниже соответственно.

Выявленная взаимосвязь диаметра $D_{кр}$, площади $S_{кр}$ и объема $V_{кр}$ кроны с КОП аппроксимируется уравнением полинома

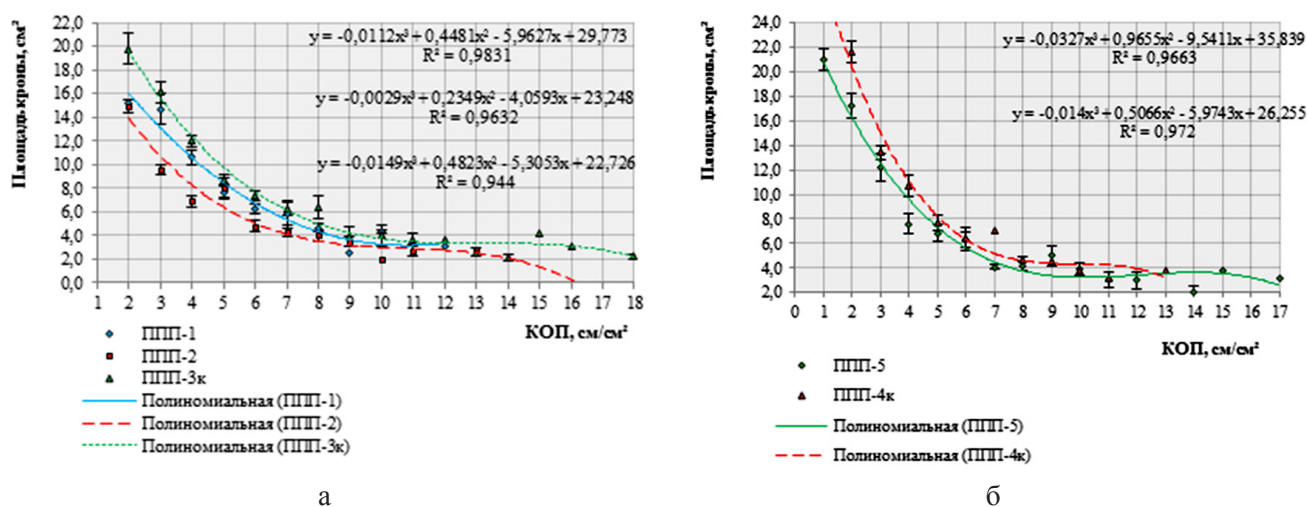


Рис. 3. Взаимосвязь площади кроны $S_{кр}$ с КОП:
а – в очень сухих сосняках, б – в свежих сосняках ГНПП «Бурабай»

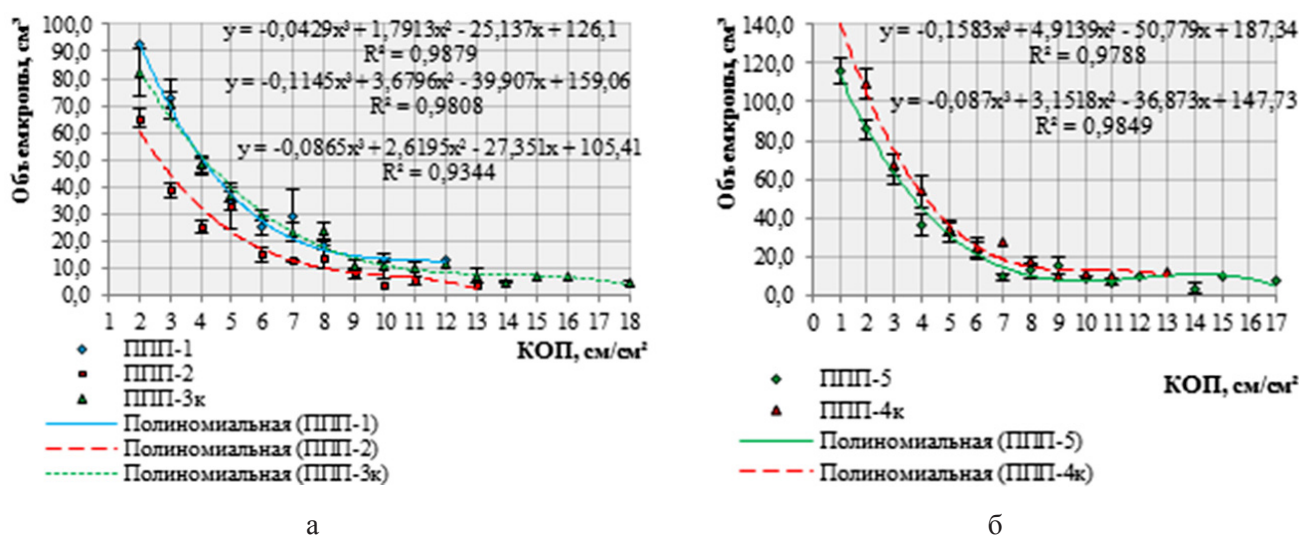


Рис. 4. Взаимосвязь объема кроны $V_{кр}$ с КОП:
а – в очень сухих сосняках, б – в свежих сосняках ГНПП «Бурабай»

3-й степени. Следует отметить, что наиболее тесная взаимосвязь (R^2 0,95–0,99) КОП отмечается с площадью $S_{кр}$ и объемом $V_{кр}$ кроны.

Вышеприведенные данные свидетельствуют, что параметры кроны, такие как протяженность, диаметр, площадь и объем, зависят от категорий состояния. То есть с ухудшением состояния отмечается снижение рассматриваемых показателей кроны. Так, если у ослабленных

деревьев в сравнении со здоровыми протяженность, диаметр, площадь и объем кроны меньше в среднем на 20–40 %, то у сильно ослабленных и отмирающих – на 40–70 %.

Таким образом, из вышеприведенного анализа состояния сосновых древостоев на рассматриваемых ППП можно сделать вывод о тесной связи между таксационными параметрами крон деревьев и показателем жизненного состояния

и соответственно коэффициентом напряженности роста, что доказывает возможность их использования в качестве основных диагностических показателей в оценке состояния рекреационных сосняков Казахского мелкосопочника.

На основании сопоставления полученных результатов исследований разработана шкала оценки состояния одновозрастных сосновых древостоев ГНПП «Бурабай» (табл. 3).

Таблица 3

Шкала оценки состояния сосняков V–VI класс возраста ГНПП «Бурабай»

Категория состояния	Индекс состояния	ОЖС, %	КОП, см/см ²	Протяженность кроны $L_{кр}$, м	Диаметр кроны $D_{кр}$, м	Площадь кроны $S_{кр}$, м ²	Объем кроны $V_{кр}$, м ³
Здоровые	1	80–100	2–4	8 и выше	4 и выше	12 и выше	50 и выше
Ослабленные	2	79–50	4–9	3–8	4–2	12–4	50–7
Сильно ослабленные и отмирающие	3	49–0	9 и выше	2,5 и ниже	2 и ниже	4 и ниже	7 и ниже

Выводы

1. В результате проведенного анализа по показателю жизненного состояния (ОЖС) и коэффициенту напряженности роста (КОП) сосновые древостои характеризуются как ослабленные или биологически неустойчивые. Наименьшими значениями ОЖС и КОП характеризуются высокополнотные древостои, относящиеся к зоне активного посещения (ФЗ-I), наибольшими – среднеполнотные древостои в зоне контроля (ФЗ-III).

2. Установлена тесная взаимосвязь таксационных показателей кроны деревьев с коэффициентом напряженности роста, которая аппроксимируется урав-

нениями линейной функции и полинома 2-й и 3-й степени.

3. Установлено, что с увеличением коэффициента напряженности роста (КОП) отмечается снижение протяженности, диаметра, площади объема кроны. Наибольшими значениями рассматриваемых показателей характеризуются среднеполнотные древостои в зоне контроля (ФЗ-III).

4. Доказано, что протяженность, диаметр, площадь и объем кроны деревьев сосны в естественных перестойных сосняках рекреационного назначения могут быть использованы в качестве диагностических показателей их состояния.

5. Разработанная шкала оценки состояния сосновых древостоев на основе использования комплекса количественных показателей позволит наиболее точно проводить мониторинг состояния насаждений и контролировать процесс отпада со своевременным удалением из древостоя сильно ослабленных и отмирающих деревьев, а также контролировать напряженность их роста, что, в свою очередь, обеспечит наибольшую устойчивость не только к пожарам, вредителям и болезням, но и увеличит их рекреационную емкость и повысит их эстетическое восприятие и привлекательность.

Библиографический список

1. Лебков В. Ф., Каплина Н. Ф. Строение естественных сосновых древостоев по протяженности кроны дерева // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2006. № 13. С. 65–69.
2. Селочник Н. Н., Каплина Н. Ф. Оценка состояния дубрав с учетом развития крон деревьев в неблагоприятных условиях: антропогенных (Московский регион) и климатических (лесостепь) // Вестник Моск. гос. ун-та леса. Лесн. вестник. 2011. № 4(80). С. 103–108.
3. Каплина Н. Ф., Жиренко Н. Г. Динамика фитомассы листьев, состояния и развития крон деревьев на горной дубравы юго-восточной лесостепи в неблагоприятных условиях последнего десятилетия // Вестник ПГТУ. 2012. № 2. С. 3–11.
4. Тихонова И. В., Шабалина О. М., Минакова О. А. Строение кроны лиственницы сибирской как комплексный показатель устойчивости деревьев в насаждениях г. Красноярска // Сиб. экол. жур. 2009. № 5. С. 715–721.

5. Данчева А. В., Муканов Б. М., Залесов С. В. Уточнение функционального зонирования сосновых насаждений ГНПП «Бурабай» по величине рекреационных нагрузок // Исследования, результаты. 2013. № 3. С. 109–113.
6. Данчева А. В., Залесов С. В. Экологический мониторинг лесных насаждений рекреационного назначения: учеб. пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 152 с.
7. Алексеев В. А. Диагностика повреждений деревьев и древостоев при атмосферном загрязнении и оценка их жизненного состояния // Лесн. экосистемы и атмосферное загрязнение. Л.: Наука, 1990. С. 38–53.
8. Густова А. И., Терехина Д. К. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении // Аграрный вестник Урала. 2007. № 5(41). С. 55–59.
9. Таксационные особенности сосновых древостоев различных стадий рекреационной дигрессии / И. В. Шевелина, И. Ф. Коростелев, О. А. Плотникова, А. Н. Росляков, В. В. Григорьев // Лесн. жур. 2010. № 5. С. 30–36.
10. Данчева А. В., Залесов С. В. Использование комплексного оценочного показателя для оценки состояния рекреационных сосняков ГНПП «Бурабай» // Бюллетень науки и практики. № 3. 2016. С. 46–55.

References

1. Lebkov V. F., Kaplina N. F. The structure of the natural pine stands along the length of the tree crown // Actual problems of forest complex. 2006. № 13. P. 65–69.
 2. Selochnik N. N., Kaplina N. F. Assessment of Oak stands with regard to tree crown development in unfavorable conditions both anthropogenic (Moscow region) and climatic (forest-steppe) // Moscow state forest university bulletin. Lesnoy vestnik. 2011. № 4(80). P. 103–108.
 3. Kaplina N. F., Zhirenko N. G. Dynamics of leaves phytomass, state and growth of limbs of trees of the mountain oak forest in the south-eastern forest steppe in unfavorable conditions of the last decade // Bulletin of the Volga State Technological University. 2012. № 2. P. 3–11.
 4. Tikhonova I. V., Shabalina O. M., Minakova O. A. Structure of the Crown of Siberian Larch as a Complex Index of the Stability of Trees in the Plantations of Krasnoyarsk // Contemporary Problems of Ecology. 2009. № 5. P. 715–721.
 5. Dancheva A. V., Mukanov B. M., Zalesov S. V. The refining of functional zoning of pine forest stands of (SNNP) «Burabay» in magnitude of recreational pressure // Research, results. 2013. № 3. P. 109–113.
 6. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Ecological monitoring of recreational forest stand: a study guide. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University (USFEU), 2015. 152 p.
 7. Alekseev V. A. Diagnosis of damage to trees and forest stands at air pollution and assessment of their living conditions // Forest ecosystems and air pollution. Leningrad: Nauka, 1990. P. 38–53.
 8. Gustova A. I., Terekhina D. K. Evaluation of hydro-physical characteristics of the timber to support silvicultural leaves in protective afforestation // Agricultural Bulletin of Urals. 2007. № 5 (41). P. 55–59.
 9. Inventory Peculiarities of Pine Stands of Different Recreational Digression Stages / I. V. Shevelina, I. F. Korostelev, O. A. Roslyakov, A. N. Plotnikova, V. V. Grigorjev // Forestry journal. 2010. № 5. P. 30–36.
 10. Dancheva A. V., Zalesov S. V. The using of complex estimative indicator in estimation of state of recreational pine forests in SNPP «Burabay» // Bulletin of science and practice. 2016. № 3. P. 46–55.
-